



Print

Sep 12, 1983

TITLE: NI-CR ALLOY MATERIAL

COUNTRY

TOMIOKA, HIROYUKI

INT-CL (IPC) : C22C 19/05

CONSTITUTION: The alloy is an Ni-Cr alloy comprising, by atomic %, (a) 10~ 50% Cr, (b) 5~25% Al or Si, optionally (c) up to 40% one or more among Fe, Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge, Ga, Ti, Zr, Hf, Ca, Ce, Y and Th (with the proviso of $\geq 40\%$ Fe, $\geq 3\%$ the elements from Co to Ga and $\geq 1\%$ the elements from Ti to Y), and (d) the balance substantially Ni with the proviso that the total of the components (a)~(d) is at 100%. By rapidly cooling and solidifying said alloy, an alloy having excellent cold-workability and high electric resistance is obtained.

Go to Doc#

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—153752

⑪ Int. Cl.³
C 22 C 19/05識別記号
CBD庁内整理番号
7821—4K

⑬ 公開 昭和58年(1983)9月12日

発明の数 2
審査請求 未請求

(全 7 頁)

⑭ Ni—Cr系合金材料

⑯ 特 願 昭57—36225

⑰ 出 願 昭57(1982)3月8日

⑱ 発 明 者 増本健
仙台市上杉3丁目8の22⑲ 発 明 者 井上明久
仙台市川内亀岡町68⑱ 発 明 者 富岡弘之
宇治市宇治里尻32⑳ 出 願 人 増本健
仙台市上杉3丁目8の22㉑ 出 願 人 ユニチカ株式会社
尼崎市東本町1丁目50番地

㉒ 代 理 人 弁理士 児玉雄三

明 細 書

1. 発明の名称

Ni—Cr系合金材料

2. 特許請求の範囲

(1) Cr 10～50 原子%で、Al又はSi 5～25 原子%で、残部が実質的にNiよりなり、冷間加工性に優れ、電気抵抗の高いNi—Cr系合金材料。

(2) (1) Cr 10～50 原子%で、(1) Al又はSi 5～25 原子%で、(2) Fe, Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge, Ga, Ti, Zr, Hf, Ca, Ce, Y及びThからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素40原子%以下(ただし、Fe 40原子%以下、Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge及びGaそれぞれ3原子%以下、Ti, Zr, Hf, Ca, Ce, Y及びThそれぞれ1原子%以下である。)で、(1) 残部が実質的にNiよりなり、(1) (2) (3) の合計が100原子%である冷間加工性に優れ、電気抵抗の高いNi—Cr系合金材料。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、冷間加工に優れ、常温から高温領域

までの電気抵抗温度係数が小さく、電気抵抗の高いNi—Cr系合金材料に関するものである。

従来より、Ni—Cr系合金材料は、高温用発熱体及び高温用抵抗体として一般に広く用いられている。その理由は、Ni—Cr系合金材料が、例えばFe—Cr—Al系合金材と比較し、加熱後も脆化し難く、かつ高温における強度等の機械的性質にも優れ、また酸化ガスを除くほとんどの腐食性ガスに対し安定である等の特長を有している。しかし、その反面、Fe—Cr—Al系合金材と比べ、電気抵抗が低く、かつ常温から高温領域までの電気抵抗温度係数が大きく、また、最高使用温度もやや低いという欠点を有しており、しかも耐酸化性等についても充分満足するまでには至っていない。

一般に、Ni—Cr系合金材において、Cr含有量を40～45原子%にすることにより、耐酸化性は改良され、電気抵抗も115 $\mu\Omega$ - ϕ 程度まで向上させることができるが、加工が困難となるので、普通は冷間加工が容易な20原子%前後のCr含有量のものが使用されている。しかも、前述の欠点を

改良する目的でAl及びSiを添加することにも検討されてきたが、加工性は著しく損なわれ、冷間加工あるいはコイルリング等が困難となり、多くて3原子%までにとどめられている。

そこで本発明者らは、これらの点に鑑み、冷間加工性に優れ、電気抵抗の高いNi-Cr系合金材料を提供することを目的として鋭意研究した結果特定の組成からなるNi-Cr系合金を急冷凝固すると、上記の目的がすべて達成させることを見出し、本発明を完成した。

すなわち、本発明は、Cr 10~50 原子%で、Al又はSi 5~25 原子%で、残部が実質的にNiよりなり、冷間加工性に優れ、電気抵抗の高いNi-Cr系合金材料及び(1) Cr 10~50 原子%、(2) Al又はSi 5~25 原子%で、(3) Fe, Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge, Ga, Ti, Zr, Hf, Ca, Ce, Y及びThからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素40原子%以下(ただし、Fe 40原子%以下、Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge及びGaそれぞれ3原子%以下、Ti, Zr, Hf, Ca, Ce, Y及びThそれぞれ1

- 3 -

2.5原子%より多くすると、急冷凝固してもNi₂Si, Ni₃Al, NiAl, Ni₃Cr₂Si₃などの化合物が析出するため、脆く加工性が低下し、実用材として適さない。特にCr 40原子%付近で、電気抵抗は最大を示し、それより多くすると徐々に電気抵抗は低下する傾向がある。

上記の合金組成にFe, Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge, Ga, Ti, Zr, Hf, Ca, Ce, Y及びThからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素を40原子%以下添加すると(ただし、Feは40原子%以下、Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge及びGaはそれぞれ3.0原子%以下、Ti, Zr, Hf, Ca, Ce, Y及びThはそれぞれ1.0原子%以下である。)加工性、電気抵抗、引張り破断強度などの機械的性質、寿命値などをより向上させることができる。特にFeが10~40原子%の範囲であれば、高屈強さ、耐熱、耐ガス性をそれほど低下させずに、加工性を向上させると同時に価格を下げるできるので好ましい。Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge, Ga, Ti, Zr及びHfは耐熱性、熱膨張率、電

- 5 -

気抵抗、引張り破断強度などの機械的性質を向上させるのに有効な元素で、Ca, Ce, Y及びThは寿命改善に効果を有する。しかし、上記した添加量よりも多すぎると、冷間加工性が低下し、脆くなり実用合金材料として使用に適さない。

本発明の合金材料は、Ni-Cr系合金に、Cr 50原子%、Al又はSi 25原子%まで多量に溶解せしめ、従来のNi-Cr系合金材料よりも、電気抵抗値はるかに高く、常温から高温領域までの電気抵抗温度係数が小さく、更に機械的性質、耐酸化性、耐腐食性、耐疲労性、寿命値等の優れた合金材料である。

本発明の合金材料について説明すると、Cr 10~50原子%で、Al又はSiが5~25原子%であることが必要で、Cr 15~45原子%が好ましく、30~37原子%が最適であり、Al又はSiは7~20原子%が好ましく、7~15原子%が最適である。このCrを10原子%未満、Al又はSiが5原子%未満では電気抵抗、電気抵抗温度係数、耐酸化、機械的性質、耐腐食性、耐疲労性等の性質を向上させることができない。また、Cr 50原子%、Al又はSiを

- 4 -

また、上記群での合金系において、通常の工業材料中に存在する程度の不純物、例えばB, P, C, S, Sn, In, As, Sbなどが少量含まれていても本発明を達成するには何ら支障をきたすものではない。

本発明の合金を製造するには、前記合金組成を用い、雰囲気中もしくは真空中で加熱溶解し、これを急冷させればよい。その急冷方法としては、種々あるが、例えば液体急冷法である片ロール法、双ロール法並びに回転液中紡糸法が特に有効である。また、板状合金はピストンアンビル法、スラットクエンチング法などで製造することもできる。前記の液体急冷法(片ロール法、双ロール法、回転液中紡糸法)は、約10°~10° C/secの冷却速度を有しており、また、ピストンアンビル法

- 6 -

スプラフトクエンチング法では約 $10^4 \sim 10^5$ C/sec の冷却速度を有しているの、この急冷法を適用することによつて、効率良く急冷することができ、前記回転液中紡糸法とは、特開昭 55-64948 号公報に記載されているように、回転ドラムの中に水を入れ、遠心力でドラム内壁に水膜を形成させ、この水膜中に溶融した合金を紡糸ノズルより噴出し、円形断面を有する細線を得る方法をいう。特に均一な連続細線を得るには、回転ドラムの周速度を紡糸ノズルより噴出される溶融金属流の速度と同速にするか又はそれ以上にすることが好ましく、特に回転ドラムの周速度を紡糸ノズルより噴出される溶融金属流の速度よりも 5~30% 速くすることが好ましい。また、紡糸ノズルより噴出される溶融金属流とドラム内壁に形成された水膜との角度は 20° 以上が好ましい。

本発明の合金材料は多量の Si または Al を含有しているため、その溶湯を上記の回転している冷却液体中に噴出して急冷凝固すると、非常に線径の小さい均一な円形断面を有する連続細線を得るこ

- 7 -

しかも得られた合金材料は、従来の Ni - Cr 合金材料より高い電気抵抗を有し、抵抗材として必要な耐熱性、耐酸化性、耐腐食性、耐疲労性及び寿命等の向上も期待できる。一例をあげるならば Ni 55 原子%, Cr 35 原子%, Si 10 原子% なる合金を片ロール法で急冷凝固した材料は、 $150 \mu\Omega\text{-cm}$ と高い電気比抵抗値を示し、しかもこの合金材料はねばく、延性に富み、破断強度も 65 kg/mm^2 と高く、冷間圧延が可能である。更に、Cr 及び Si をこれよりも多くすると破断強度は向上するが、電気抵抗及び延性は徐々に低下する傾向が認められる。また、同様の傾向は、Ni - Cr - Al 系合金材料についても認められ、Ni 70 原子%, Cr 20 原子%, Al 10 原子% 組成において最大の電気比抵抗値 $145 \mu\Omega\text{-cm}$ を示し、これ以上 Cr 及び Al を添加しても破断強度は向上するが、電気抵抗及び延性は徐々に低下する傾向がある。この合金材料は、従来の Ni - Cr 系合金材料と比べ、冷間加工性、電気特性、機械的特性、耐腐食性、耐酸化性、耐疲労性及び寿命などにおいて、はるかに上まわる諸

- 9 -

とができる。しかも、Ni - Cr 合金に Si または Al を添加すると、前述のごとき性能を向上させると同時に、冷却液体中での優れた細線形成能（冷却液体中で急冷凝固した時、円形断面を有する線径の非常に小さい均一連続細線を形成する性質）を有しているため、円形断面を有する均一な連続細線を得るに非常に好ましい。

本発明の合金材料は、冷間加工を連続して行うことができ、寸法精度及び機械的性質をより向上するため、圧延、線引き加工を施すことができ、必要に応じて焼なましなどの熱処理をも行うことができる。このような液体急冷法の高産化、工程の単純さは、本発明の材料を製造するに際して、製造費の低減、省エネルギーといった効果をももたらす。

このように液体急冷法を採用することにより、Cr 50 原子%, Al または Si の少なくとも 1 つが 25 原子% まで広い組成範囲で比較的高い引張り破断強度とねばさを兼ねた面心立方構造を持つ過飽和固溶体からなる合金材料を作製することができ

- 8 -

性質を有しており、各種高温電気抵抗材、精密抵抗材、電熱線、高温雰囲気中での強度材、補強材、耐腐食材など広く各種の工業用材料として使用される。

次に本発明を実施例により具体的に説明する。
実施例 - 1 ~ 8、比較例 - 1 ~ 4

各種組成からなる Ni - Cr - Si 合金を、アルゴン雰囲気中で溶融した後、アルゴンガス噴出圧 1.0 kg/cm^2 で、孔径 0.5 mm のルビー製紡糸ノズルより 2500 r.p.m. で回転している直径 20 mm の鋼鉄ロール表面に噴出して厚さ $50 \mu\text{m}$ (巾 3 mm) の連続したリボンを作製し、4 端子法で電気抵抗〔電気比抵抗 ($\mu\Omega\text{-cm}$)〕、常温から 800°C までの温度範囲の電気抵抗温度係数、インストロン型引張試験機で破断強度 (kg/mm^2)、破断伸び (%) 及び 180° 彎曲げ性について測定した。

その結果を表 - 1 にまとめて示す。

表 - 1

実験番号	比較例	合金組成 (a.t.%)	電気比抵抗 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	電気抵抗温度係数 (10^{-4}K^{-1})	破断強度 (kg/mm^2)	破断伸び (%)	180°密着曲げ性
1	比較例 - 1	Ni78 Cr20 Si2	95	26	30	25	可
2	実施例 - 1	Ni75 Cr20 Si5	105	11	36	20	可
3	実施例 - 2	Ni70 Cr20 Si10	110	12	49	15	可
4	実施例 - 3	Ni65 Cr20 Si15	120	0	55	12	可
5	実施例 - 4	Ni60 Cr20 Si20	125	4	60	8	可
6	比較例 - 2	Ni52 Cr20 Si28	-	-	-	-	不可
7	比較例 - 3	Ni82 Cr8 Si10	90	17	35	25	可
8	実施例 - 5	Ni75 Cr15 Si10	105	13	40	20	可
9	実施例 - 6	Ni65 Cr25 Si10	130	7	55	15	可
10	実施例 - 7	Ni55 Cr35 Si10	150	5	65	9	可
11	実施例 - 8	Ni45 Cr45 Si10	135	4	80	5	可
12	比較例 - 4	Ni35 Cr55 Si10	-	-	-	-	不可

-11-

きた。

なお、破断強度、伸びは、インストロン型引張り試験機を用い、試長2mm、歪速度 $4.17 \times 10^{-4}/\text{sec}$ の条件で行った。

実施例 - 9 ~ 1.5, 比較例 - 5 ~ 8

各種組成からなるNi-Cr-Al合金を、アルゴン雰囲気中で溶融した後、アルゴンガス噴出圧4.0 kg/cm^2 で、孔径0.10 mm のノズルより400 r.p.m.で回転している内径500 mm の円筒ドラム内に形成された温度4℃、深さ2.5 mm の回転冷却水体中に噴射して急冷凝固させ、平均線径約0.095 mm の円形断面を有した連続細線を作製した。

このときの紡糸ノズルと回転冷却液面との距離は、1.5 mm に保持し、紡糸ノズルより噴出された溶融金属液とその回転冷却液面とのなす接触角は65°であった。

なお、溶融金属液の紡糸ノズルからの噴出速度は、大気中に一定の時間噴出して集められた金属直径から測定し、約500 ~ 610 $\text{mm}/\text{分}$ であった。

-13-

表 - 1 より明らかなごとく、実験番号2 ~ 5, 8 ~ 11は本発明の合金材料で、高Cr-高Siなるため、破断強度(引張り破断強度)が向上するとともに高電気比抵抗を示し、かつ電気抵抗温度係数も小さい。実験番号1, 7は、それぞれSi及びCrの添加量が少ないため、電気抵抗、破断強度は低くかつ電気抵抗温度係数は大きく改良されていない。実験番号6, 12は、それぞれSi及びCrの添加量が多いため、Si及びCrをそれ以上Ni中に過飽和に固溶することが不可能となり、得られた急冷リボン材料は脆く、電気的性質、機械的性質等の測定に供する試料は得られなかった。また、実験番号2 ~ 5, 8 ~ 11のリボン材料を10 μm の厚さまで、中間焼なましを施すことなく圧延加工が可能であった。特に、実験番号10の圧延後の破断強度は130 kg/mm^2 と向上し、しかも室温から950℃まで加熱、冷却の繰返(5回)熱処理をし、その脆化について調べたが、脆化は全く生ぜず、むしろ電気比抵抗値が160 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ と高く、かつ電気抵抗温度係数は $1 \times 10^{-4}\text{K}^{-1}$ と更に小さく改良することがで

-12-

得られた急冷凝固細線の電気比抵抗、電気抵抗温度係数、破断強度、破断伸び及び180°密着曲げ性について測定した。その結果を表 - 2 にまとめて示す。

表 - 2 より明らかなごとく、実験番号14 ~ 17, 20 ~ 22は、本発明の合金材料で、高Cr-高Alなるため、高電気比抵抗、低電気抵抗温度係数であると同時に高い破断強度を示している。実験番号13, 19は、それぞれAl及びCrの添加量が少ないため、電気抵抗、機械的性質は本発明の実験番号14 ~ 17, 20 ~ 22と比べ劣っている。実験番号18, 23は、それぞれAl及びCrの添加量が多すぎるため、得られた細線材は脆く、電気抵抗、機械的性質などの測定に供する試料は得られなかった。

-280-

-14-

表 - 2

実験番号	比較例	合金組成 (at%)	電気抵抗 (μΩ-cm)	電気抵抗温度係数 (10 ⁻³ K ⁻¹)	破断強度 (kg/mm ²)	破断伸び (%)	180°密着曲げ性
13	比較例 - 5	Ni78 Cr20 Al2	100	22	25	45	可
14	実施例 - 9	Ni75 Cr20 Al5	118	12	31	42	可
15	実施例 - 10	Ni70 Cr20 Al10	145	2	35	37	可
16	実施例 - 11	Ni65 Cr20 Al15	135	-1	40	32	可
17	実施例 - 12	Ni60 Cr20 Al20	115	1	42	25	可
18	比較例 - 6	Ni52 Cr20 Al28	-	-	-	-	不可
19	比較例 - 7	Ni82 Cr8 Al10	95	10	28	40	可
20	実施例 - 13	Ni75 Cr15 Al10	130	3	33	38	可
21	実施例 - 14	Ni60 Cr50 Al10	130	3	55	19	可
22	実施例 - 15	Ni45 Cr45 Al10	115	2	60	10	可
23	比較例 - 8	Ni35 Cr55 Al10	-	-	-	-	不可

-15-

表 - 3

実験番号	比較例	合金組成 (at%)	電気抵抗 (μΩ-cm)	破断強度 (kg/mm ²)	破断伸び (%)	180°密着曲げ性
24	実施例 - 16	Ni55 Cr35 Si10 Nb2	160	85	5	可
25	比較例 - 9	Ni51.5 Cr35 Si10 Nb3.5	-	-	-	不可
26	実施例 - 17	Ni53 Cr35 Si10 Ta2	160	83	6	可
27	比較例 - 10	Ni51.5 Cr35 Si10 Ta3.5	-	-	-	不可
28	実施例 - 18	Ni53 Cr35 Si10 V2	155	80	4	可
29	比較例 - 11	Ni51.5 Cr35 Si10 V3.5	-	-	-	不可
30	実施例 - 19	Ni53 Cr35 Si10 Mo2	155	80	4	可
31	比較例 - 12	Ni51.5 Cr35 Si10 Mo3.5	-	-	-	不可
32	実施例 - 20	Ni53 Cr35 Si10 Mn2	160	75	4	可
33	比較例 - 13	Ni51.5 Cr35 Si10 Mn3.5	-	-	-	不可
34	実施例 - 21	Ni54.5 Cr35 Si10 Ti10.5	155	75	3	可
35	比較例 - 14	Ni53.5 Cr35 Si10 Ti11.5	-	-	-	不可
36	実施例 - 22	Ni54.5 Cr35 Si10 Zr0.5	155	70	3	可
37	比較例 - 15	Ni53.5 Cr35 Si10 Zr1.5	-	-	-	不可

-17-

次に実験番号 14 ~ 17, 20 ~ 22 の組織をダイヤモンドディスクを用い、中間焼なましを施すことなく、細径 0.050 mm まで伸線加工が可能であった。しかも、伸線加工により、電気抵抗特性は何ら損われることなく、破断強度は大巾に向上（例えば実験番号 15 の組織を 0.05 mm まで冷間線引加工すると破断強度は 115 kg/mm² となった。）させることができた。

実施例 - 16 ~ 22, 比較例 - 9 ~ 15

Ni55 - XCr35Si10Mx 合金における添加元素 M = Nb, Ta, V, Mo, Mn, Ti 及び Zr の効果について検討するため、実施例 - 1 と同一の装置、方法によつて厚さ 50 μm (巾 3 mm) のリボン材料を製作し、電気抵抗、破断強度、破断伸び及び 180°密着曲げ性について測定した。

その結果を表 - 3 にまとめて示す。

-16-

表 - 3 より明らかなごとく、実験番号 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36 は本発明の合金材料で、それぞれ 2 原子% の Nb, Ta, V, Mo, Mn, 0.5 原子% の Ti 及び Zr を添加したもので、電気抵抗が 5 ~ 10 μΩ-cm、破断強度が 5 ~ 20 kg/mm² と大巾に向上し、しかも、180°密着曲げが可能となつていた。

しかし、実験番号 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37 は、添加量が多すぎるため、急冷リボン材は脆く電気抵抗、機械的性質などの測定に供する試料は得られなかった。

実施例 - 23

Ni 35 原子%, Fe 30 原子%, Cr 20 原子%, Si 10 原子%, Al 5 原子% からなる合金を、アルゴン雰囲気中で溶解した後、アルゴンガス噴射圧 4.5 kg/cm² で、孔径 0.15 mm のルビ-製紡糸ノズルより、350 r.p.m. で回転している内径 650 mm の円筒ドラム内に形成された温度 -15℃、深さ 3.0 mm なる塩化ナトリウム水溶液中に噴出し、平均直径 0.135 mm の円形断面を有した太さ度がほとんど

-18-

ない非常に均一な連続細線を得た。

このときの紡糸ノズルと回転液体面との距離は1.0 mmに保持し、紡糸ノズルより噴出された溶融金属線とその回転冷却とのなす接触角は80°であつた。

なお、このときの溶融金属線の噴出速度は640 mm/分であつた。

この細線の電気比抵抗は、155 $\mu\Omega$ -cm、破断強度55 kg/mm²で、非常にねばく、ダイヤモンドダイスを用いて、0.05 mmの線径まで容易に冷間繰引き加工ができ、破断強度は120 kg/mm²まで向上した。

代理人 児 玉 雄 三

手 続 補 正 書 (自 発)

昭和58年 3月27日

特 許 庁 長 官 殿

1. 事件の表示

特願昭57-36225号

2. 発明の名称

Ni-Cr系合金材料

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 センダイシカミスギ
宮城県仙台市上杉3丁目8-22

氏 名 マス モト ツロシ
増 本 健 (他1名)

4. 代 理 人

住 所 東京都文京区千石3-30-10

氏 名 (6257) 児 玉 雄 三

5. 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄

- 1 -

- 19 -

6. 補正の内容

(1) 明細書第1頁第20行目の「冷間加工」を「冷間加工性」と訂正する。

(2) 同書第4頁第10行目の「耐疲労性、寿命値等の優れた」を「耐疲労性、寿命値及びひずみゲージ用受感特性等の優れた」と訂正する。

(3) 同書第6頁第5行目と第6行目との間に次の文章を挿入する。

「特に前記の合金組成範囲内でCrが15~35原子%, Al又はSiが7~20原子%, 残部が実質的にNiよりなる組成及びCrが15~35原子%, Al又はSiが7~20原子%, 残部実質的にNiよりなり、Fe, Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge, Ti, Zr, Hf, Ca, Ce, Y及びThからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素を40原子%以下添加した(Feは40原子%以下、Co, Nb, Ta, V, Mo, Mn, Cu, Ge及びGaはそれぞれ3.0原子%以下、Ti, Zr, Hf, Ca, Ce, Y及びThはそれぞれ1.0原子%以下)組成からなる合金材料は、対銅熱起電力が小さく、ひずみゲージ率も大きいので、

ひずみゲージ用材料としても非常に好ましい。」

(4) 同書第9頁第3~4行目の「耐疲労性及び寿命値等の向上も」を「耐疲労性、寿命値およびひずみゲージ用受感特性等の向上も」と訂正する。

(5) 同書第10頁第1~2行目の「精密抵抗剤、電熱線」を「精密抵抗(例えばひずみゲージ用受感材料等)、電熱線」と訂正する。

(6) 同書同頁第14行目の「電気抵抗温度系数」を「電気抵抗温度係数」と訂正する。

(7) 同書第19頁の「実施例-23」の後に次の実施例を追加する。

「実施例-24

Ni65原子%, Cr20原子%, Si5原子%, Al10原子%からなる合金を、アルゴン噴出圧1.0kg/cm²で、孔径0.3mmφのルビー製ノズルより5000r.p.m.で回転している直径20cmの鋼鉄ロール表面に噴出して厚さ8μm(巾2mm)のリボンを作製した。インストロン型引張試験機を用い、リボンサンプルに歪を与えながら、電気比抵抗

- 2 -

- 3 -

炭化を四端子法にて常温から 800℃ の範囲で測定し、ひずみゲージ受感材料としての種々の物理特性を測定した。

その結果、電気比抵抗は $170 \mu \Omega - \text{cm}$ 、電気抵抗温度係数は $1 \times 10^{-5} / \text{K}$ 、引張強度 $38 \text{ kg} / \text{mm}^2$ 、耐熱起電力 $0.5 \times 10^{-6} \text{ V} / \text{K}$ 、ゲージ率約 6.0であり、本発明の合金材料は、ゲージ用材料としても非常に有用である。」